

Н. К. Водзянова, старший викладач,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО РИЗИКУ

АНОТАЦІЯ. У статті узагальнено основні підходи, що можуть бути використані комерційними банками України при моделюванні операційного ризику. Основні математичні моделі проаналізовано на предмет можливості їх застосування для отримання кількісної оцінки операційного ризику.

[Metadata, citation and](#)

of Vadym Hetman Kyiv National Economic University

быть использованы коммерческими банками Украины при моделировании операционного риска. Основные математические модели проанализированы на возможность их применения для получения количественной оценки операционного риска, возникающего в процессе банковской деятельности.

SUMMARY. The article summarizes the main approaches to operational risk modeling that can be used by commercial banks of Ukraine. Fundamental mathematical models are analyzed for their possible use for quantitative assessment of operational risk banking institutions are exposed to.

Операційний ризик не є новим поняттям для банківської справи. Протягом усього свого існування банківські установи наражаються на операційний ризик, починаючи з помилок працівників або збоїв у комп'ютерних системах і закінчуючи кримінальними злочинами. Незважаючи на те, що операційний ризик існує постійно, наряду з ринковим і кредитним, комерційні банки лише знедавна почали звертати увагу на збитки від цієї категорії ризику. Поява нових і ускладнення існуючих банківських продуктів і процесів, а також бурхливий розвиток інформаційних технологій сприяли усвідомленню важливості управління операційним ризиком.

Ця нагальна проблема знайшла відображення в документі Базельського комітету з питань банківського нагляду «Міжнародна конвергенція виміру капіталу і стандартів капіталу: нові підходи» («Базель II») [1] — кредитно-фінансовим установам було запропоновано резервувати капітал під збитки через операційний ризик. Базельський комітет дає наступне визначення операційного ризику: «ризик виникнення збитків у результаті недоліків (вад) або помилок у внутрішніх процесах, у діях співробітників або інших осіб, у роботі інформаційних систем або внаслідок несприятливих зовнішніх подій».

У межах «Базеля II» для визначення величини резервування капіталу під операційний ризик банкам на вибір пропонуються три методи: два найпростіших (метод базового індикатора¹ та стандартизований підхід²) визначають величину резервування капіталу як частку від валового доходу, в той час як третій метод — удосконалені методи оцінки³ — дозволяє банківським установам розробляти власні моделі для оцінювання капіталу, достатнього для формування резервів під операційний ризик.

Моделі, що можуть використовуватися в межах удосконалених методів оцінювання, поділяються на два класи: «згори—вниз» та «знизу—вгору» [2, с. 17].

Моделі класу «**згори—вниз**» направлені на оцінку операційного ризику на загальнобанківському рівні без визначення подій, що призвели до виникнення збитків. Головною перевагою даного підходу є легкість отримання даних і оцінювання ризику. Моделі, що належать до цього класу: багатofакторна модель оцінки капіталу, модель оцінки довгострокових активів⁴, моделі сценарного аналізу та стрес-тестінгу, моделі показників ризику, модель операційного левериджу, а також моделі, що базуються на доходах та витратах.

Багатofакторна модель оцінки капіталу може використовуватися для глобального аналізу банківських ризиків. Такі моделі виходять з припущення, що операційний ризик є залишковим банківським ризиком після кредитного та ринкових ризиків, що вимірюється на основі оцінювання волатильності випадкових відхилень. Математична модель у даному випадку набуває наступного вигляду:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon,$$

де Y — величина резервування капіталу банківської установи під усі види ризиків;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ — оцінки параметрів моделі;

X_1, X_2, \dots, X_n — фактори, пов'язані з кредитним та ринковим ризиками (наприклад, обсяги виданих кредитів, залишки коштів на поточних та депозитних рахунках клієнтів);

ε — випадкова компонента, що виступає в ролі показника для оцінки операційного ризику. Вона визначає вплив множини фак-

¹ англ. — Basic Indicator Approach (BIA)

² англ. — Standardized Approach (TSA)

³ англ. — Advanced Measurement Approach (AMA);

⁴ англ. — Capital Asset Pricing Model (CAPM).

торів, що не підлягають врахуванню та реєстрації внаслідок їхньої невизначеності.

Оскільки кредитний та ринковий ризик набагато легше оцінити кількісно, така модель є достатньо зручною для визначення величини капіталу, що резервується під операційний ризик.

Модель оцінки довгострокових активів встановлює залежність між ризиком і доходністю активів (наприклад, акцій чи інвестиційного портфеля). При використанні даної моделі для оцінки вартості активів використовується показник ризику (коефіцієнт β), за допомогою якого розраховується премія за інвестиції в дані активи. β -коефіцієнт є мірою ринкового ризику активу, що відображає коливання доходності активу до доходності на ринку в середньому; премія за ризик зростає пропорційно β -коефіцієнту. Для того, щоб визначити доходність активу, премія додається до доходності безризикових цінних паперів (наприклад, державних цінних паперів підвищеної надійності).

Модель оцінки довгострокових активів має наступний вигляд:

$$r = R_f + \beta(R_m - R_f),$$

де r — очікувана ставка доходності на довгостроковий актив;

β — коефіцієнт чутливості активу до змін ринкової доходності;

R_f — безризикова ставка доходності;

R_m — очікувана ринкова ставка доходності;

$(R_m - R_f)$ — премія за ризик вкладання коштів в актив.

Відповідно до даної моделі, величина операційного ризику розраховується з використанням коефіцієнта β :

$$\beta_{OR} = \beta - (\beta_{CR} + \beta_{MR} + \beta_{OthR}),$$

де β — загальний коефіцієнт чутливості активу до змін ринкової доходності;

$\beta_{OR}, \beta_{CR}, \beta_{MR}, \beta_{OthR}$ — коефіцієнт чутливості для операційного, кредитного, ринкового та інших ризиків відповідно.

Моделі сценарного аналізу та стрес-тестування можуть використовуватися для перевірки надійності моделей, що описують збитки фінансової установи через операційний ризик, на випадок виникнення несприятливих подій, причому беруться до уваги не тільки ті події, які вже траплялися в банку, а й ті можливі, на які установа досі не наражалася.

Суть сценарного аналізу полягає в аналізі подій, що можуть відбутися у майбутньому, з урахуванням множини можливих їх

наслідків (сценаріїв). Сценарний аналіз ставить на меті відобразити не один конкретний варіант розвитку подій у майбутньому, а кілька альтернативних результатів. На відміну від прогнозування, сценарний аналіз не спирається на історичні дані і не використовує екстраполяцію минулих тенденцій на майбутнє. Кілька сценаріїв аналізуються для визначення множини вірогідних наслідків; як правило, розглядають три варіанти: оптимістичний, песимістичний і найімовірніший.

Стрес-тестування є однією з форм тестування, що використовується для визначення стійкості окремих систем або банківських установ у цілому. Стрес-тестування — це метод кількісної оцінки ризику, який полягає в тестуванні системи поза межами звичайного її функціонування для визначення можливих наслідків. Він дає уявлення про те, яку суму збитків чи доходів отримає банк, якщо події розвиватимуться за закладеними в модель припущеннями. За допомогою стрес-тестування визначаються особливо вразливі місця окремих сфер діяльності банків.

Як правило, такі моделі ґрунтуються на зовнішніх даних (зокрема, катастрофічних подіях, що відбулися в інших банках) або на уявних подіях, що можуть призвести до надзвичайних збитків. На основі доступних даних експерти оцінюють можливі наслідки для банку: величину збитків, а також частоту настання подій, що до них призводять.

Для будь-якої банківської установи можна розглядати наступні сценарії:

- відмова в роботі критичних систем;
- несанкціоноване розкриття конфіденційної інформації, і як наслідок — судові позови;
- знецінення майна, що перебуває як забезпечення за кредитними операціями;
- масштабний несанкціонований трейдинг;
- загальнобанківська криза;
- рейдерська атака.

Аналіз результатів стрес-тестування є важливим не тільки з точки зору визначення запасу фінансової стійкості банку, а також з практичної можливості спостереження та контролю рівня ризиків, які наражають банк на небезпеку, та ідентифікації найбільш серйозних загроз.

Моделі показників ризику можуть включати один чи кілька показників. Прикладом моделі першого виду є метод базового індикатора, оскільки величина операційного ризику, на яку наражається банківська установа, оцінюється за допомогою лише

єдиного показника — чистого доходу. Для моделей другого виду характерна система показників. Як приклад можна навести модель стандартизованого підходу, в межах якої мінімальний обсяг резервування капіталу під операційний ризик визначається на основі чистого доходу по восьми основних напрямках діяльності, визначених «Базелем II».

За допомогою таких моделей можна відобразити, наприклад, залежність між розміром банківської установи та величиною збитків, яких вона може зазнати через операційний ризик; вплив витрат на навчання на кількість помилок працівників і скарг клієнтів та ін.

Нижче наведені показники, які можуть використовуватись у якості схильності банку до операційного ризику:

- валовий дохід;
- обсяг торгів або нових угод;
- вартість активів під управлінням;
- вартість операцій;
- кількість угод;
- кількість співробітників;
- досвід роботи працівників;
- структура капіталу (відношення боргу до власного капіталу)
- історичні дані щодо операційних збитків;
- дані по страхових випадках.

Моделі, що базуються на доході, нагадують багатофакторні моделі оцінки капіталу: операційний ризик оцінюється як залишкова дисперсія після вилучення кредитного, ринкового та інших ризиків з волатильності історичного доходу. В **моделях, що базуються на витратах**, навпаки, досліджують волатильність прямих витрат банківської установи.

Модель операційного левериджу відображає взаємозв'язок між операційними витратами та сукупними активами. Вона показує, наскільки ризиковим (волатильним) є операційний дохід банківської установи.

Клас моделей «**знизу—вгору**» орієнтований на оцінювання операційного ризику на рівні банківських процесів та продуктів. Моделі даного класу є більш складними, вони спираються на аналіз виявлених подій, що призвели до виникнення ризику, з подальшим їх об'єднанням для отримання величини резервування капіталу. Застосування таких моделей дозволяє пояснити, чому і як операційний ризик виникає в банківській установі. До даного класу належать наступні моделі:

- 1) економетричні моделі;

- 2) моделі OpVAR (Operational Value at Risk);
- 3) каузальні моделі;
- 4) моделі надійності.

За допомогою *багатофакторних регресійних моделей* досліджують чутливість сукупних збитків, які банківська установа зазнає через операційний ризик, до зміни різноманітних внутрішніх факторів. До переліку таких факторів можна включити: час простою системи в день, кількість співробітників бек-офісу, якість даних (наприклад, частка операцій, при здійсненні яких не було допущено помилок, від загальної кількості проведених операцій), загальна кількість операцій, рівень кваліфікації персоналу, складність продуктів, рівень автоматизації процесів. На основі перелічених факторів можна побудувати модель, яка дасть змогу оцінити величину збитків через операційний ризик за окремими напрямками діяльності, продуктами або процесами в певний момент часу t .

Окрім багатофакторної регресійної моделі для визначення величини збитків через операційний ризик можна також використовувати інші економетричні моделі, зокрема моделі часових рядів — інтегровані авторегресійні моделі ARIMA¹, узагальнені моделі з авторегресійною умовною гетероскедастичністю GARCH². Основною вимогою для їх застосування є наявність достатньої кількості даних щодо минулих подій.

Основна ідея застосування *OpVAR-моделей* полягає у дослідженні розподілу збитків, які пов'язані з операційним ризиком. Для цього можна скористатися одним з наведених методів:

- метод розподілу емпіричних збитків (частот);
- метод параметричних явних розподілів;
- теорія екстремальних значень.

При застосуванні *методу розподілу емпіричних збитків* на основі накопичених даних щодо збитків будується гістограма. Як правило, така гістограма будується не тільки на основі внутрішніх даних, а й із використанням даних із зовнішніх джерел після їх масштабування. Однак, при використанні даного методу виникає проблема, що полягає в тому, що навіть після об'єднання інформації із зовнішніх та внутрішніх джерел можна не отримати достатню кількість даних для правильної побудови гістограми.

Цієї проблеми можна позбутися при застосуванні методу *параметричних явних розподілів*, який використовується для згладжуван-

¹ англ. — Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA);

² англ. — Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH);

ня розподілу за допомогою вибору явної форми розподілу. До переваг даного методу можна віднести те, що він дозволяє збільшити кількість числових значень, які можна використати при побудові гістограми. Це є особливо корисним при визначенні форм розподілу частоти і обсягу збитків, які банківська установа зазнала через операційний ризик. Для частоти збитків, як правило, використовують розподіл Пуассона, біноміальний розподіл, у той час як для величини збитків застосовують форми розподілів неперервних випадкових величин, які характеризуються певним числом параметрів — від одного (експоненційний) до чотирьох (узагальнений бета-розподіл).

Теорія екстремальних значень використовується для моделювання ризику виникнення надзвичайних, рідкісних подій. Це є надзвичайно корисним при оцінці операційного ризику, особливо за наявності незначної кількості або навіть відсутності даних про випадки значних збитків, яких може зазнати банківська установа (їх дуже важко передбачити, оскільки ймовірність їх виникнення є незначною). Однак, теорію екстремальних значень необхідно використовувати з обережністю, оскільки існує ризик суб'єктивного вибору порогової величини збитку — заниженої або завищеної, що може суттєво вплинути на якість моделі.

Каузальні моделі є потужним інструментом при дослідженні причин виникнення операційного ризику. В рамках таких моделей для кожної банківської операції (продукту, напрямку діяльності) будується дерево подій, які можуть призвести до виникнення збитків через операційний ризик. Імовірність настання кожної такої події визначається на основі доступних статистичних даних, а за їх відсутності — на основі експертних оцінок. Каузальні моделі простіші для розуміння та є більш наглядними, оскільки причинні зв'язки, як правило, структуровані та представлені у графічному вигляді, що дозволяє ризик-менеджерам швидко приймати рішення. Однак слід зауважити, що такі моделі будуть більш корисними для прийняття управлінських рішень, ніж для розрахунку величини резервування капіталу під операційний ризик.

Прикладом такого виду моделей можуть бути баєсові мережі — це ймовірнісні моделі, що представляють собою множину можливих станів, яких можуть набувати змінні (банківські продукти, процеси чи операції), та ймовірнісні залежності між ними. Формально, байєсова мережа — це спрямований ациклічний граф, вершини якого є змінними, а ребра відображають умовні залежності між ними.

Теорія надійності є надзвичайно корисною при оцінюванні операційного ризику, оскільки вона досліджує банківську уста-

нову як складну систему, що складається з множини елементів: процесів, продуктів та операцій.

Недостатня надійність елементів може призвести до виникнення проблем різного роду — від збоїв чи відмов автоматизованих банківських системах до недосконалостей процесів кредитування чи касово-розрахункового обслуговування клієнтів, у результаті чого банківська установа може зазнати суттєвих збитків. Теорія надійності дозволяє визначити імовірність того, що протягом певного періоду часу виникнуть проблеми в функціонуванні певного банківського процесу (продукту, операції).

Теорія надійності базується на ряді математичних методів, таких як методи теорії імовірності та математичної статистики, теорії інформації, теорії масового обслуговування, лінійному та нелінійному програмуванні. При побудові моделей надійності системи та окремих її елементів використовуються закони розподілу неперервних випадкових величин, зокрема для оцінки імовірності раптової відмови може бути застосований експоненціальний закон розподілу, а для параметричних відмов — нормальний закон.

Надійність системи, або, кажучи іншими словами, імовірність безвідмовної роботи системи, розраховується за формулою:

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(s) ds,$$

де $R(t)$ — імовірність безвідмовної роботи системи або процесу до моменту часу t ;

$f(t)$ — частота відмов у роботі системи або процесу.

Інтенсивність відмов — це показник, що дорівнює відношенню кількості відмов в одиницю часу до кількості вузлів, що безвідмовно пропрацювали до цього часу. Даний показник розраховується за формулою:

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N_{cp} \Delta t} = \frac{n(t)}{[N - n(t) \Delta t]} = \frac{f(t)}{P(t)},$$

де N — загальна кількість елементів системи чи процесу;

$n(t)$ — кількість елементів системи чи процесу, в яких стався

збій у періоді часу $\left[t - \frac{\Delta t}{2}; t + \frac{\Delta t}{2} \right]$;

Δt — часовий проміжок;

N_{cp} — середня кількість коректно функціонуючих елементів системи або процесу в проміжку часу Δt .

На початку створення системи оцінки операційного ризику банки можуть обрати модель з класу «згори—вниз», і, за умови накопичення значної кількості даних, поступово переходити до використання моделей класу «знизу—вгору».

При розробці процедури оцінки операційного ризику можливо також поєднувати моделі обох класів. Наприклад, аналіз сценаріїв можна використовувати для проведення бек-тестування, а багатофакторні каузальні моделі будуть корисними при розрахунку вартості під операційним ризиком¹ для здійснення аналізу чутливості.

Ефективність використання удосконалених методів оцінювання було доведено на практиці. Так, Базельський комітет з банківського нагляду встановив [3, с. 3], що у банків, які використовують цей підхід, відношення величини резервування капіталу під операційний ризик до валового доходу складає приблизно 10,8 %. Ця величина є набагато меншою за подібні показники, що використовуються банками в межах методу базового індикатора ($\alpha = 15\%$) та стандартизованого підходу ($12\% \leq \beta_k \leq 18\%$, де $k = \overline{1,8}$).

Таким чином, використання більш глибокого математичного аналізу дає змогу суттєво зменшити обсяги капіталу, який банківська установа резервуватиме під операційний ризик.

Особливо актуальним для українських банків дане питання стає з огляду на пропозицію Асоціації українських банків, яка була направлена до Національного банку України, включати сукупну величину операційного ризику до розрахунку нормативу адекватності регулятивного капіталу [4].

Література

1. *Basel Committee on Banking Supervision*. International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards // Bank for International Settlements, June 2004. — 239 p.

2. *Shevchenko, Pavel V.* Modelling Operational Risk Using Bayesian Inference — Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011. — 302 p.

3. *Basel Committee on Banking Supervision*. Operational risk — Supervisory Guidelines for the advanced measurement approaches. Consultative Document — Bank for International Settlements, December 2010. — 51 p.

4. АУБ подала в НБУ пропозиції по розрахунку розміра капіталу на покриття операційного ризику. — <http://news.finance.ua/ru/~1/0/all/2011/04/15/235140>

Стаття надійшла до редакції 13.09.2011 р.

¹ англ. — operational value-at-risk (OpVAR)